

KRASSIMIRA ILIEVA-MAKULEC<sup>1</sup>

## Nicienie glebowe Parku Skaryszewskiego w Warszawie – zagęszczenie i różnorodność zespołów w dwóch siedliskach

### Summary

#### Soil nematodes in the Skaryszewki Park in Warsaw – community density and diversity in two habitats

This paper deals with the soil nematode fauna in the Skaryszewski Park (Warsaw, Poland). I compared the density, the composition and structure of domination of the nematode genera, as well as the nematode trophic structure in the two typical for the park habitats – in soil of lawns and soil of tree plantings. The results indicate that nematode communities in the soil of tree plantings were more numerous (nearly 1.5 million ind. m<sup>-2</sup>) than in the soil of lawns (600 thousand. m<sup>-2</sup>). However, the number and the diversity of the nematode genera in the soil of the lawns (26 genera, H' = 2.80) were higher than in the soil of tree plantings (22 genera, H' = 2.27).

In total 33 nematode genera were found, and only 15 of them were common for the both habitats. The degree of generic similarity between the habitats was 63%.

Some differences in the nematode trophic groups structure were also noticed. Although bacterial-feeding nematodes were the dominant group in both habitats, their percentage in the soil of trees was much higher than in the soil of lawns, respectively 70 and 49%. However in soil of lawns the share of plant feeders was 10 times higher than in the soil of tree plantings.

---

<sup>1</sup> Instytut Ekologii i Bioetyki, Wydział Filozofii Chrześcijańskiej Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego, ul. Wóycickiego 1/3, 01-938 Warszawa, e-mail: k.makulec@uksw.edu.pl

On the basis of the results an attempt to assess the conditions of the soil in the two habitats was done.

**Słowa kluczowe:** fauna miast, parki miejskie, nicienie glebowe, biowskaźniki  
**Key words:** urban fauna, city parks, soil nematodes, bioindicators

## 1. Wstęp

Zróżnicowanie siedliskowe (trawniki, mniej lub bardziej zwarte zadrzewienia, pojedyncze drzewa, krzewy, rabaty kwiatowe, oczka wodne i in.) dużych parków miejskich stwarza możliwość zbadania stopnia zróżnicowania kształtujących się w nich zespołów nicieni glebowych. Na liczebność, różnorodność gatunkową i strukturę troficzną zespołów nicieni istotny wpływ mają czynniki abiotyczne (m.in. topografia terenu, wilgotność gleby, opady, temperatura, napowietrzanie, typ gleby, skład granulometryczny, pH, zawartość materii organicznej), biotyczne (m.in. relacje nicien-roślina lub relacje z innymi organizmami (bakterie, grzyby, wirusy, inne nicienie i pozostali przedstawiciele fauny glebowej)) oraz czynniki antropogeniczne (m.in. użytkowanie gleby, zabiegi agrotechniczne, nawożenie organiczne i mineralne, nematocydy, herbicydy i insektycydy) (Ilieva-Makulec 2013).

Gleby miejskie, w tym gleby w parkach, podlegają szczególnie intensywnym zabiegom i/lub zaburzeniom, jednakże jak dotąd nie wiele wiadomo na temat różnorodności i liczebności nicieni występujących w tego typu urbicenozach. Analizując strukturę i różnorodność zespołów nicieni glebowych w parkach miejskich można wnioskować o stopniu zmian zachodzących w glebie pod wpływem urbanizacji. Nicienie glebowe należą do grupy organizmów najczęściej używanych jako wskaźników kondycji gleby (Wasilewska 1979, 2003a, Bongers 1990, Freckman, Ettema 1993, Ferris *et al.* 1999, Yeates 2003, Dmowska, Ilieva-Makulec 2004). Do celów bioindykacyjnych wykorzystywane są parametry, takie jak: zagęszczenie, liczba gatunków, różnorodność taksonomiczna oraz struktura troficzna zespołów nicieni. Ich wartości zazwyczaj korelują z kierunkiem zmian zachodzących w głównych

procesach glebowych takie jak: rozkład i mineralizacji materii organicznej oraz krążenie pierwiastków pokarmowych.

Celem pracy było zbadanie i porównanie zagęszczenia, składu rodzajowego oraz struktury dominacji i struktury troficznej zespołów nicieni w dwóch typach siedlisk w Parku Skaryszewskim w Warszawie – w glebie trawników i zadrzewień. Są to dominujące formy zagospodarowania przestrzennego Parku, które zajmują odpowiednio 25 i 43% jego powierzchni (Sikorski *et al.* 2016). Oba środowiska różnią się pod względem pokrycia roślinnością, nasłonecznienia, natlenienia, właściwości wilgotnościowych, zawartości próchnicy w glebie i in., stąd hipoteza robocza badań zakładała, że różnice siedliskowe znajdują odzwierciedlenie w parametrach występujących tam zespołów nicieni glebowych. Ogólne informacje o zagęszczeniu i bogactwie rodzajów nicieni w Parku Skaryszewskim na podstawie omawianych tu badań można znaleźć w rozdziale o faunie glebowej monografii poświęconej przyrodzie Parku Skaryszewskiego (Ilieva-Makulec *et al.* 2016).

## 2. Materiał i metody

Próby glebowe zostały pobrane jednorazowo pod koniec czerwca 2015 roku na dwóch stanowiskach w Parku Skaryszewskim. Do badań wybrano trawnik i znajdujące się w bliskim sąsiedztwie zadrzewienia. Na każdym ze stanowisk za pomocą laski glebowej (powierzchnia laski 2,5 cm<sup>2</sup>) pobrano losowo po 6 próbek gleby do głębokości 20 cm. Do wypłaszania nicieni z próbek zastosowano zmodyfikowaną metodę Baermanna, wykorzystującą zdolność nicieni do aktywnego przechodzenia z gleby przez filtr do wody (Flegg, Hooper 1970). Następnie wypłoszone nicienie zostały zakonserwowane w 4% roztworze formaldehydu. Obserwacje i identyfikacja utrwalonych nicieni do rodzaju prowadzono pod mikroskopem. Przynależność nicieni do grupy troficznej określano według klasyfikacji Yeates'a i in. (1993). Wyodrębniono 5 głównych grup troficznych: bakteriożerne, grzybożerne, roślinożerne, drapieżne i wszystkożerne. Obliczono również następujące wskaźniki zespołów nicieni:

- **wskaźnik różnorodności taksonomicznej** Shannona i Weavera (1963)

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i,$$

gdzie:  $S$  – liczba rodzajów,  $p_i$  – stosunek liczby osobników  $i$ -tego rodzaju do liczby osobników ze wszystkich rodzajów:  $n_i/N$

- **współczynnik dominacji**:  $D_i = n_i/N \times 100\%$  (Kasprzak, Nie-dbała 1981) gdzie:  $D_i$  dominacja  $i$ -tego rodzaju,  $n_i$  – liczebność osobników  $i$ -tego rodzaju,  $N$  – łączna liczebność wszystkich rodzajów. W pracy wyznaczone zostały 4 klasy dominacji: superdominanty – stanowiące powyżej 30% ogółu osobników, dominanty – 10–30%, subdominanty – 2,5–9,9% i recedenty <2,5%.

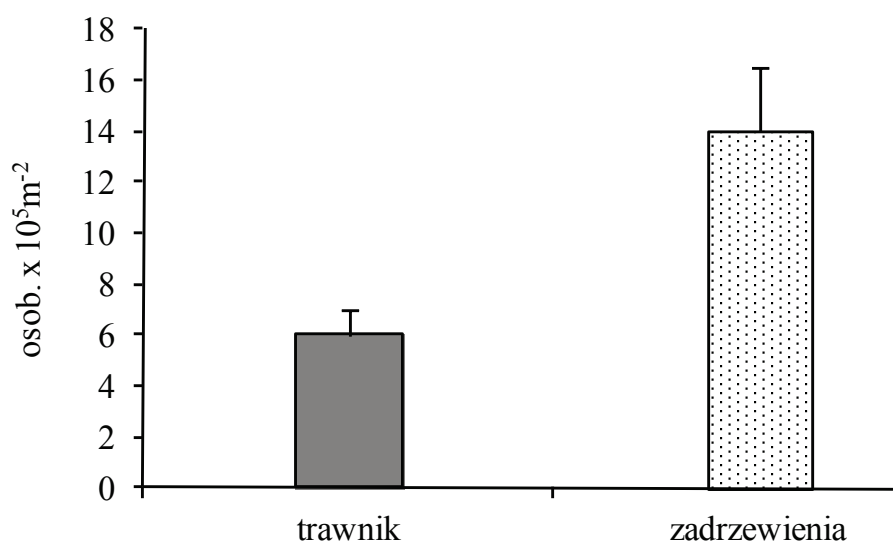
- **wskaźnik podobieństwa taksonomicznego** Sørensen:  $S\varnothing = 2s/(s_1+s_2) \times 100$  (Southwood, Henderson 2000), gdzie:  $s_1$  – liczba taksonów dla zbioru A,  $s_2$  – liczba taksonów dla zbioru B,  $s$  – liczba taksonów wspólnych dla zbioru A i B.

Do analizy wyników zastosowano nieparametryczny test Manna-Whitney'a. Analizy wykonano w programie Statgraph.

### 3. Wyniki

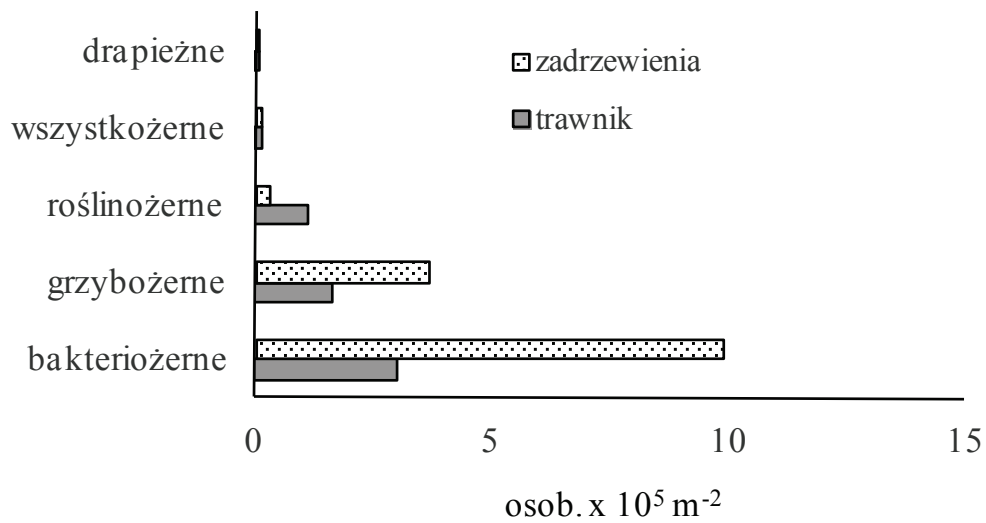
#### 3.1. Zagęszczenie i struktura troficzna zespołów nicieni

Uzyskane wyniki wskazują, że oba badane siedliska różniły się pod względem zagęszczenia nicieni w glebie (Rys. 1). Średnie zagęszczenie nicieni w glebie zadrzewień wynosiło prawie 1,5 miliona osob.  $m^{-2}$  i było istotnie większe niż w glebie trawników ( $P < 0,05$ ).

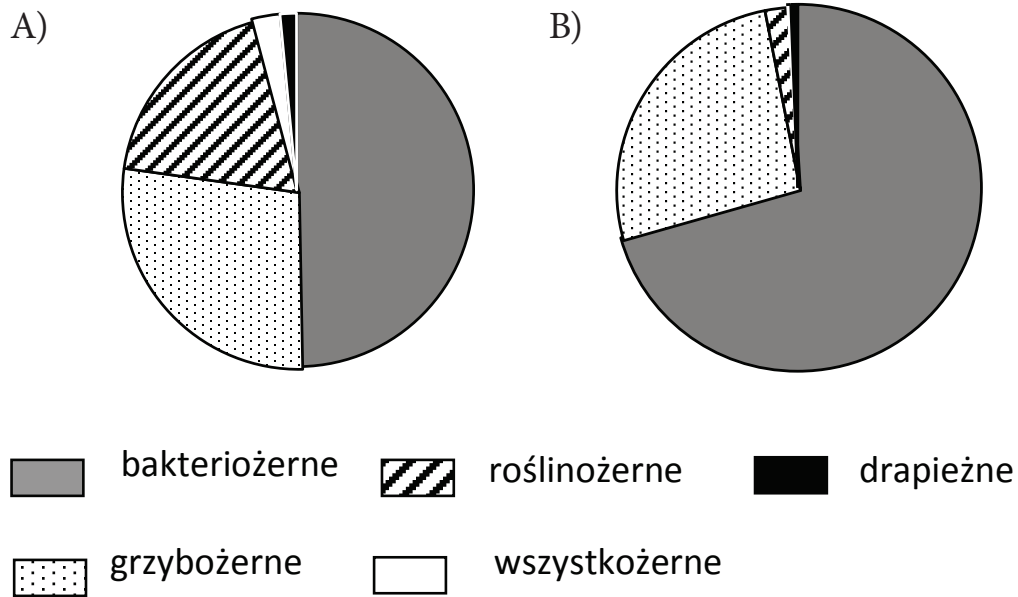


**Rys. 1.** Zagęszczenie nicieni glebowych w dwóch typach siedlisk w Parku Skaryszewskim.

Wśród wypłoszonych nicieni zidentyfikowano przedstawicieli należących do 5 grup troficznych (Rys. 2). Na obu stanowiskach najliczniejszą grupę stanowiły nicienie bakteriożerne, a następnie nicienie grzybożerne. Stwierdzono jednak wyraźne różnice w zagęszczeniach tych dwóch grup między siedliskami. W glebie zadrzewień było 3 i 2 razy więcej, odpowiednio nicieni bakteriożernych i grzybożernych, niż w glebie trawników ( $P < 0.05$ ). Z drugiej strony zaś w glebie trawników występowało aż 4 razy więcej nicieni roślinożernych w porównaniu do gleby zadrzewień ( $P < 0.05$ ). Niskie i bardzo podobne na obu stanowiskach zagęszczenia zanotowano dla wszystkożernych i drapieżnych nicieni.



Rys. 2. Zagęszczenie grup troficznych nicieni glebowych w dwóch typach siedlisk w Parku Skaryszewskim.



Rys. 3. Udziały procentowe poszczególnych grup troficznych nicieni w glebie trawników (A) i zadrzewień (B) w Parku Skaryszewskim.

Nicień bakteriożerne miały również największy udział procentowy w strukturze troficznej zespołów na obu stanowiskach. Stanowiły one ok. 50% całkowitego zagęszczenia nicieni w glebie trawników

i aż ponad 70% wszystkich nicieni w glebie zadrzewień (Rys. 3). Udział procentowy nicieni grzybożernych był podobny na obu stanowiskach. Udziały procentowe pozostałych trzech grup (nicieni roślinożernych, wszystkożernych i drapieżnych) w strukturze zespołu nicieni były większe w glebie trawników niż w glebie zadrzewień. Szczególną uwagę należy zwrócić na wyraźnie większy (prawie 10 razy) udział procentowy nicieni roślinożernych (Rys. 3).

### 3.2. Skład rodzajowy nicieni, struktura dominacji, wskaźniki zespołów nicieni

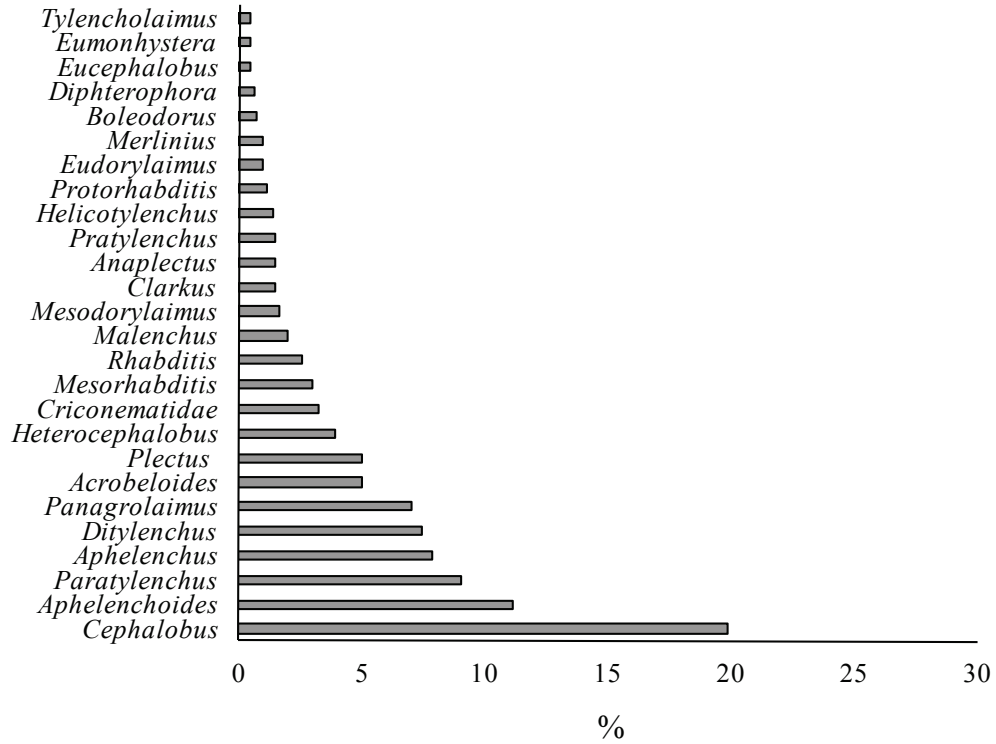
Ogółem w glebie badanych środowisk stwierdzono 33 rodzajów nicieni. W glebie trawników występowało 26 z nich. Dominantami były dwa rodzaje: *Cephalobus* (bakteriożerny) i *Aphelenchoides* (grzybożerny) (Rys. 4). Pierwszy z nich wyróżniał się prawie dwukrotnie wyższą dominacją od drugiego. Ponadto na tym stanowisku stwierdzono 10 subdominantów oraz 14 recedentów (Rys. 4).

W glebie zadrzewień stwierdzono 22 rodzaje nicieni. Dominantami, oprócz nicieni bakteriożernych należących do trzech rodzajów: *Plectus*, *Panagrolaimus* i *Protorhabditis*, były również nicienie grzybożerne z rodzaju *Aphelenchoides* (Rys. 4). Ponadto w tym środowisku stwierdzono tylko 2 subdominanty i aż 16 recedentów (Rys. 4).

Zespół nicieni w glebie trawników był bardziej zróżnicowany. Wartość wskaźnika różnorodności Shannona-Weavera dla rodzajów w tym środowisku była istotnie większa ( $H' = 2.80$ ) niż w glebie zadrzewień ( $H' = 2.27$ ).

Należy zwrócić uwagę na fakt, iż liczba rodzajów nicieni w poszczególnych grupach troficznych była bardzo podobna na obu stanowiskach. Jedynie w grupie roślinożerców więcej taksonów zanotowano w glebie trawników niż w glebie zadrzewień (Rys. 5).

Trawnik



Zadrzewienia





**Strona obok:**

**Rys. 4.** Struktura dominacji zespołów nicieni glebowych w dwóch typach siedlisk w Parku Skaryszewskim.



**Rys. 5.** Bogactwo rodzajowe nicieni w poszczególnych grupach troficznych w glebie trawników i zadrzewień w Parku Skaryszewskim.

Skład rodzajowy nicieni w glebie badanych stanowisk znacznie się różnił. Wartość wskaźnika podobieństwa Sørensen wynosiła 63%, a liczba rodzajów wspólnych dla obu środowisk – 15. Jedenaście rodzajów nicieni, które występowały wyłącznie w glebie trawników należą do grupy roślinożerców (*Boleodorus*, *Criconematidae*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus* i *Pratylenchus*), nicieni bakteriożernych (*Anaplectus*, *Heterocephalobus*, *Mesorhabditis*), wszystkożernych (*Eudorylaimus* i *Mesodorylaimus*) i grzybożernych (*Aphelenchus*). Natomiast nicienie z 7 rodzajów, które stwierdzono jedynie w glebie zadrzewień należą do grupy nicieni wszystkożernych (*Dorylaimoides*, *Epidorylaimus*, *Thonus*) bakteriożernych (*Amphidellus*, *Tylocephalus*), roślinożernych (*Coslenchus*) oraz nicieni entomopatogenicznych z rodzaju *Heterorhabditis*.

#### 4. Dyskusja

Nicienie – bezkręgowce o mikroskopijnych rozmiarach (o długości od 0,2 do 7 mm, lecz większość nie przekracza 2 mm) należące do mikrofauny glebowej – są grupą wyróżniającą się kosmopolitycznym wystąpieniem oraz niezmiernym bogactwem gatunkowym. Dotychczas opisano ok. 5 tys. gatunków nicieni żyjących w glebie (Wall, Moore 1999). W Polsce występuje około 860 gatunków nicieni wolnożyjących i pasożytów roślin (Wasilewska 2003b).

Zróznicowanie zespołów nicieni zasiedlających glebę pod względem taksonomicznym i funkcjonalnym odzwierciedla jej kondycję. Wiele publikacji naukowych (m.in. Wasilewska 1979, 2003a, Bongers 1990, Freckman, Ettema 1993, Ferris *et al.* 1999, Yeates 2003, Dmowska, Ilieva-Makulec 2004.) wskazuje na możliwości zastosowania określonych parametrów zespołów nicieni jako wskaźników degradacji gleb oraz przekształcenia antropogenicznego.

W zależności od panujących warunków klimatycznych, rodzaju gleby, zachodzących procesów w glebie i sposobu jej użytkowania rozmieszczenie, liczebność oraz skład gatunkowy nicieni ulega zmianie (Wasilewska 1979). Zagęszczenie nicieni w różnych typach ekosystemów waha się od 60 tys. do 30 mln. osobników na m<sup>2</sup>. Najliczniej nicienie występują w glebie ekosystemów trawiastych, natomiast najmniejsze ich zagęszczenia notowane są w glebie uprawnej (Wasilewska 1979, 1981).

W Parku Skaryszewskim zagęszczenia nicieni w obu badanych siedliskach (1,5 mln. osobników dla zadrzewień i 600 tys. osobników dla gleby trawników) znajdują się w dolnym zakresie zagęszczeń stwierdzanych odpowiednio w ekosystemach leśnych i trawiastych (Wasilewska 1981).

Rola nicieni w funkcjonowaniu podsystemu glebowego określa nie tylko ich całkowite zagęszczenie, lecz zagęszczenie oraz udziały procentowe poszczególnych grup troficznych (nicieni bakteriożernych, grzybożernych, roślinożernych, drapieźnych i wszystkożernych). W agrocenozach przeważnie dominują nicienie bakteriożerne

i roślinożerne, w ekosystemach trawiastych – roślinożerne i wszystkożerne, a w leśnych – bakteriożerne i wszystkożerne (Wasilewska 1979).

W Parku Skaryszewskim przedstawiciele pięciu grup troficznych nicieni stwierdzono zarówno w glebie trawników jak i zadrzewień. W strukturze troficznej zespołów w obu typach środowisk dominują nicienie bakteriożerne i grzybożerne. Nicienie z tych grup odgrywają istotną rolę w procesie mineralizacji, uwalniając biopierwiastki (Burgess, Raw 1971, Lavelle, Spain 2005). Po skonsumowaniu bakterii, bądź grzybów bogatych w azot, nicienie w swoim ciele posiadają jego nadwyżkę, której pozbywają się wraz z odchodami. Nicienie bakteriożerne i grzybożerne oddziałują także na skład zespołów mikroorganizmów. Wykazując pewną selektywność w wyborze swojego pokarmu sprawiają, że skład mikroorganizmów ulega zmianie, a pewne gatunki bakterii czy grzybów zmniejszają lub zwiększają swoją liczebność. Występowanie nicieni bakteriożernej jest ściśle związane z obecnością dużych ilości materii organicznej, wzrostem liczebności bakterii i przyspieszeniem procesów rozkładu materii organicznej w glebie (Dmowska 2002, Lavelle, Spain 2005, Ilieva-Makulec 2013).

Większe zagęszczenie i większy udział bakteriożernej nicieni w glebie zadrzewień w Parku Skaryszewskim wskazuje na większe zasoby łatwo rozkładalnej materii organicznej (więcej substratu dla rozwoju bakterii) w tym środowisku w porównaniu do gleby trawników. Różnice w składzie rodzajowym tej grupy troficznej między siedliskami również to potwierdzają. Dominantami wśród bakteriożerców w glebie zadrzewień są nicienie z rodzajów *Panagrolaimus* i *Protorhaditis*, które wymagają dla optymalnego rozwoju dużych zagęszczeń pokarmu, natomiast w glebie trawników dominują nicienie z rodzaju *Cephalobus* o mniejszych wymaganiach pokarmowych (Ilieva-Makulec 2001)

Nicienie grzybożerne odżywiają się szerokim spektrum grzybów występujących w ryzosferze, w tym saprofitycznych, patogenicznych oraz biorących udział w mikoryzie lub wiążących azot. W ten sposób mogą one z jednej strony regulować liczebność grzybów patogenicznych, z drugiej zaś prowadzić do zaburzeń takich zjawisk, jak ektomikoryza i endomikoryza na roślinach, powodując zahamowanie lub

opóźnienie wzrostu korzeni (Dmowska 2002). W niniejszych badaniach większe zagęszczenie grzybożernych nicieni w glebie zadrzewień wskazuje na niższe wartości pH, sprzyjające lepszemu rozwojowi grzybów w tym środowisku, w porównaniu do gleby trawników.

Nicienie roślinożerne mechanicznie i chemicznie uszkodzają tkanki roślinne i tym samym wpływają na produkcję pierwotną. Z dotychczasowych badań wynika, że roczne straty w produkcji spowodowane przez nicienie w ekosystemach trawiastych wynoszą ok. 6–13% (Baldwin *et al.* 2000). Udowodniono, że nicienie roślinożerne mogą również pozytywnie wpływać na rozwój rośliny. Ich niewielka liczba żerująca na roślinie powoduje rozrost korzeni (Freckman, Virginia 1989).

W Parku Skaryszewskim nicienie roślinożerne w glebie zadrzewień i trawnika stanowią odpowiednio 2 i prawie 20% udziału wszystkich nicieni. Wartości te znajdują się odpowiednio w zakresie 0–14% notowanym dotychczas dla udziału nicieni roślinożernych w ekosystemach leśnych i zakresie 17–40% – dla roślinożerców w ekosystemach trawiastych (Lavelle, Spain 2005).

Wyraźnie większe zagęszczenie i większa różnorodność rodzajów roślinożernych nicieni w glebie trawników w porównaniu z glebą zadrzewień w Parku Skaryszewskim wskazuje na większą różnorodność roślinności zielnej na trawnikach, a tym samym na zwiększoną pulę potencjalnych żywicieli dla nicieni roślinożernych. Na terenie Parku Skaryszewskiego stwierdzono występowanie ok. 50 gatunków roślin naczyniowych w runie trawników (Sikorski *et al.*, 2016). Potwierdzeniem tego jest również fakt, iż taksony należące do endo- i ektopasożytów roślin takie jak: *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* i *Criconematidae* występują wyłącznie w glebie trawników. Należy również podkreślić duży udział nicieni z rodzaju *Paratylenchus* w glebie trawników. Są to ektopasożyty korzeni, które w dużych liczebnościach mogą przyczynić się do osłabienia roślin. Większe zagęszczenia nicieni z rodzaju *Paratylenchus* w glebie trawników, w porównaniu z glebą zadrzewień, świadczą o różnicach w wilgotności gleby obu środowisk. Dużą tolerancję nicieni z rodzaju *Paratylenchus* na suszę stwierdzono na przykład w glebach torfowych (Wasilewska 2002).

Nicienie wszystkożerne występują zazwyczaj w niskich liczebnościach, zarówno w glebach naturalnych, jak i uprawnych. Ich udział w zespołach wynosi 5–25%, przy czym największe zagęszczenie odnotowuje się w środowiskach trawiastych (Lavelle, Spain 2005). Zazwyczaj liczebność oraz różnorodność taksonomiczna tej grupy maleje wraz ze wzrostem stopnia zakłóceń w funkcjonowaniu biocekozy (Dmowska, Ilieva-Makulec 2004). Niski udział nicieni wszystkożernych w obu siedliskach świadczy o niestabilności warunków glebowych w Parku spowodowanej m.in. częstym koszeniem i/lub wydeptywaniem. Ponadto występowanie nicieni wszystkożernych z rodzajów *Mesodorylaimus* i *Eudorylaimis* wyłącznie w glebie trawników może świadczyć o mniejszej wilgotności gleby w tym środowisku, ponieważ jak wykazały wcześniejsze badania nicieni z rodzaju *Eudorylaimus* są odporne na suszę i podwyższenie temperatury gleby (Bakonyi i in. 2007).

Przedstawione wyniki pomimo, iż opierają się na jednorazowo pobranych próbach, wskazują że zróżnicowanie siedliskowe w Parku Skaryszewskim znajduje odzwierciedlenie w zróżnicowaniu zespołów nicieni. W glebie trawników i zadrzewień ukształtowały się odrębne zespoły różniące pod względem zagęszczenia, składu taksonomicznego oraz struktury funkcyjnej. Jest to odpowiedź nicieni na różnice w parametrach badanych siedlisk takich jak pokrycie roślinne, skład gatunkowy roślin zielnych, właściwości wilgotnościowe oraz zawartość próchnicy w glebie. Te wstępne wyniki powinni zapoczątkować dalsze badania nad fauną nicieni glebowych ekosystemach miejskich i ich wykorzystywanie do oceny jakości środowiska glebowego.

### Bibliografia

- Bakonyi G., Nagy P., Kovács-Láng E., Kovács E., Barabás S., Répási V., Seres A. 2007, *Soil nematode community structure as affected by temperature and moisture in a temperate semiarid shrubland*, *Appl. Soil Ecology*, 37, 31–40



- Baldwin J.G., Nadler S.A., Wall D.H., 2000, *Nematodes: pervading the earth and linking all life*, w: P. H. Raven, T. Williams (red.) "Nature and human society", National Academy Press, Washington, 176–191.
- Bongers T., 1990, *The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition*, *Oecologia*, 83, 14–19.
- Burges A., Raw F., 1971, *Biologia gleby*, PWRiL, Warszawa.
- Dmowska E., 2002, *Rola pierwotniaków i nicieni w środowisku glebowym*, *Wiadomości Ekologiczne*, 48, 267–277.
- Dmowska E., Ilieva-Makulec K., 2004, *Past and present status of nematode community indicators*, *Nematology Monographs and Perspectives*, 2, 487–501.
- Ferris H., Bongers T., De Goede R.G.M., 1999, *Nematode faunal indicators of soil food web condition*, *J. Nematology*, 31, 534–535.
- Flegg J.J.M., Hooper D.J., 1970, *Laboratory methods for work with plant and soil nematodes*, *Techn. Bull. Ministry Agric. London*, 2, 5–23.
- Freckman D., Virginia R.A.V., 1989, *Plant-feeding nematodes in deep-rooting desert ecosystems*, *Oecologia (Berl.)*, 55, 303–310.
- Freckman D.W., Ettema Ch. H., 1993, *Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention*, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 45, 239–261.
- Ilieva-Makulec K. 2001 – *A comparative study of the life strategies of two bacterial-feeding nematodes under laboratory conditions II. Influence of the initial food level on the population dynamics of Acrobeloides nanus (de Man 1880) Anderson 1968 and Dolichorhabditis dolichura (Schneider 1866) Andrassy 1983*, *Pol. J. Ecol.* 49, 123–135
- Ilieva-Makulec K., 2013, *Biologia, ekologia i możliwości oddziaływania na rozwój nicieni glebowych*, w: J. Tyburski, G. Makulec (red.) „Fauna gleb użytkowanych rolniczo a ich urodzajność,” *Wyd. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*, 91–115.
- Ilieva-Makulec K., Karaban K., Makulec G., Szymczuk M. 2016 *Fauna glebowa Parku Skaryszewskiego w Warszawie*, w: J. Romanowski (red.) „Park Skaryszewski w Warszawie – przyroda i użytkowanie”, *Wydawnictwo UKSW, Warszawa*, 117-133.

- Kasprzak K., Niedbała W., 1981, *Wskaźniki biocenotyczne stosowane przy porządkowaniu i analizie danych w badaniach ilościowych*, w: Gorny M., Grum L. (red.) „Metody stosowane w zoologii gleby”, PWN, Warszawa, 397–408.
- Lavelle P., Spain A. V., 2005, *Soil ecology*, Springer, Dordrecht, 654 pp.
- Shannon C.E., Weaver W. 1949, *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana.
- Sikorski P., Borowski J., Kochan J., Sikorska D. 2016, *Roślinność naczyniowa siedlisk łąkowych Parku Skaryszewskiego*, W: J. Romanowski (red.) „Park Skaryszewski w Warszawie – przyroda i użytkowanie”, Wydawnictwo UKSW, Warszawa, 91-106.
- Southwood T.R.E., Henderson P.A., 2000, *Ecological methods*, Blackwell Science Ltd.
- Wall D.H., Moore J.C., 1999, *Interactions Underground. Soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes*, BioScience, 49, 109–117.
- Wasilewska L., 1979, *The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenoses*, Pol. Ecol. Studies, 5, 97–145
- Wasilewska L., 1981, Ocena funkcji nicieni glebowych w ekosystemach leśnych, łąkowych i polnych, Zesz. Probl. Post. nauk rol. 249, 53–68.
- Wasilewska L., 2002, *Post-drainage secondary succession of soil nematodes on fen peat meadows in Biebrza Wetlands, Poland*, Pol. J. Ecol. 50, 269–300.
- Wasilewska L., 2003a, *Wpływ uproszczenia zbiorowisk roślinności łąkowej na biologię gleby i procesy rozkładu materii. Bioindykacyjna rola fauny glebowej*, Kosmos, 52, 357–364.
- Wasilewska L., 2003b, *Nicienie glebowe w środowiskach leśnych i wydmach zalesionych*, Kampinoski Park Narodowy 1, 499–509
- Yeates G.W., 2003. *Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects*, Biol. Fertil. Soils 37, 199–210.
- Yeates G.W., Bongers T., de Goede R.G.M., Freckman D.W., Georgieva S.S., 1993, *Feeding habits in nematode families and genera – an outline for soil ecologists*, J. Nematol. 25, 315–331.